

## SMART-МОНИТОРИНГ ЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА

*Пастухов А.И.<sup>1</sup>, Громаков Е.И.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Томский политехнический университет,*

*Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: aip28@tpu.ru*

*<sup>2</sup>Томский политехнический университет,*

*Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru*

### **Аннотация**

В работе рассмотрен автоматизированный мониторинг линейных участков газопровода. Предложено концептуальное решение SMART-мониторинга линейных участков газопровода с применением беспилотных летательных аппаратов и технологии промышленного Интернета вещей.

**Ключевые слова:** беспилотники, газопровод, мониторинг, промышленный Интернет вещей.

### **Введение**

В настоящее время транспортировка газа имеет большое значение для сохранения энергетической безопасности и устойчивого развития многих стран. Однако, с ростом объемов и сложности системы поставок, возникают все большие требования к эффективности и безопасности процессов транспортировки, которые обеспечиваются оперативным наблюдением за стабильной работой всех систем и предотвращением возможных аварий.

Для выполнения штатных работ по эксплуатации объектов газопровода и сокращения числа аварий необходимы новые решения по автоматизации мониторинга участков газопровода. В данной работе предлагается концептуальный вариант контроля состояния газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

### **Описание концептуального решения SMART-мониторинга линейных участков газопровода.**

На территории Российской Федерации существует множество газотранспортных сетей, расположенных в различных рельефах местности и климатических условиях. Для контроля штатной работы по транспортировке газа необходим мониторинг, который проводят затратным образом, преимущественно наземным транспортом и вертолетами [1]. Недостатки такого контроля вызывают потребность в поиске более дешевых и оперативных вариантов контроля состояния технологического оборудования, ведь от того, насколько раньше будет обнаружено аварийное событие, может зависеть не только целостность сооружений, но и жизни работников.

Для возможного решения технических проблем оперативного контроля линейных участков газопровода предлагается использовать летательные аппараты: беспилотники (БПЛА) [2]. Система мониторинга с использованием БПЛА обладает следующими возможностями:

1. Дистанционное ведение мониторинга частей магистрального газопровода с использованием БПЛА позволяет получать более точные результаты в виде изображений высокого качества и спектральной аналитики, а также снизить временные затраты на проведение мониторинга.

2. Сбор данных в режиме реального времени и передача их операторам увеличивает оперативность принятия решений. Эти данные могут быть обработаны с использованием, например, алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования возможных проблем или нарушений, что позволяет операторам принимать предупредительные меры и предотвращать потенциальные аварии.

3. С помощью БПЛА можно осуществлять проверку и непосредственный контроль за проведением восстановительных и ремонтных работ, что позволяет обеспечивать более качественное проведение и строгий контроль сроков и объемов производства этих работ.

4. Снимки и данные, полученные с БПЛА, позволяют выстраивать и детализировать ретроспективный анализ трубопровода для контроля возникающих деформационных угроз ему (землетрясение, протаивание грунта, наводнение и др.).

5. Предварительный осмотр мест в случае возникновения чрезвычайных ситуаций и инцидентов может обезопасить персонал при проведении работ повышенной опасности и испытаний на прочность и герметичность конструкций.

Поскольку оперативность работы с данными и быстрое принятие решений является ключевым фактором стабильной работы любого сложного производства, возникает необходимость в

использовании современных информационных технологий, которые дадут возможность управлять данными непосредственно в процессе мониторинга газопровода, то есть, в режиме реального времени.

В концептуальном проекте в качестве такой технологии выбран промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things – IIOT) [3] с использованием спутниковой связи для передачи данных на большие расстояния, что обеспечит низкую задержку доставки информации в центр обработки данных (ЦОД). Это решение позволяет центральному управлению и диспетчерским пунктам получать информацию о состоянии линейных участков в онлайн режиме процесса мониторинга.

На рисунке 1 представлена концептуальная модель SMART-автоматизации мониторинга участков газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

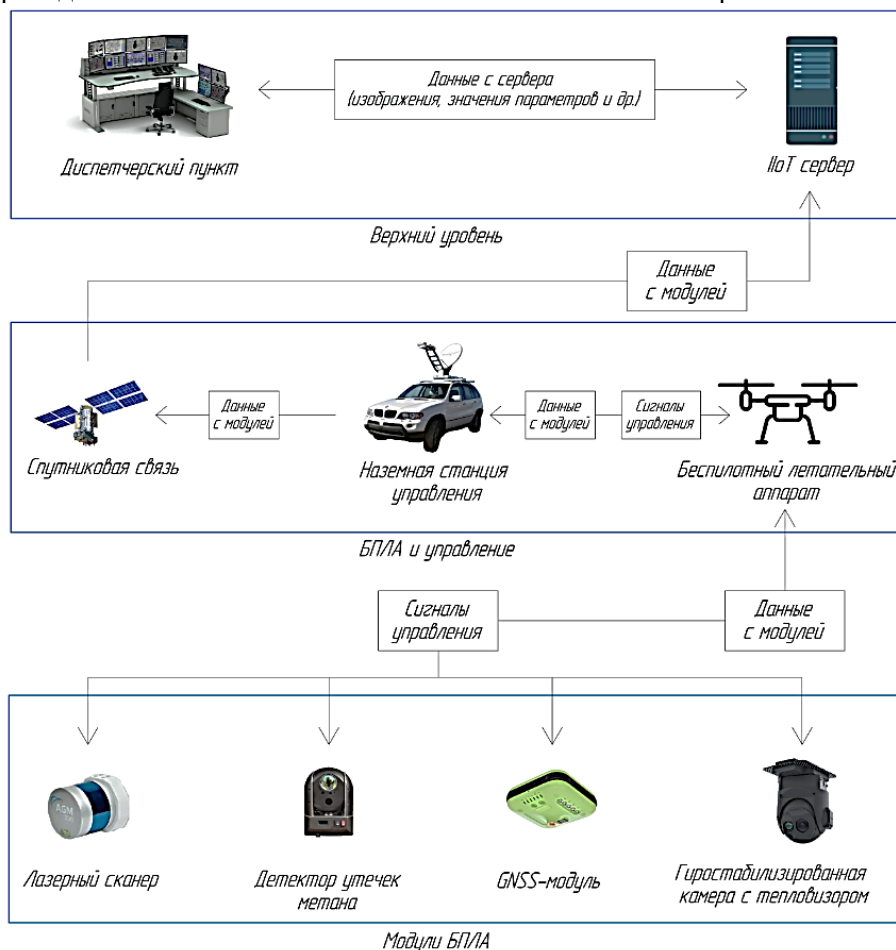


Рис. 1. Концептуальная модель SMART-автоматизации мониторинга участков газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов

Для решения задачи детального анализа состояния технологического оборудования на беспилотный летательный аппарат устанавливаются несколько модулей:

1. Лазерный сканер, который обеспечит формирование трехмерной модели рельефа с находящимися на местности объектами, их состояние и динамику, например, их реконструкции [4].
2. Детектор утечек метана для измерения суммарной концентрации метана в луче лазера, что позволит определить места утечки и принять необходимые меры к их устранению.
3. GNSS-модуль для навигации БПЛА и определения его местоположения с высокой точностью.
4. Гиростабилизированная камера с тепловизором для ведения аэрофотосъемки высокого качества и выявления тепловых потерь, дефектов и проблемных зон сооружений.

Информация, полученная с модулей БПЛА, передается в ЦОД на IIoT сервер с использованием спутниковой связи (например, спутников «Гонец» или «Ямал», или спутниковой системы Starlink). Обработанные данные поступают с IIoT сервера в диспетчерский пункт и выводятся удобным образом в виде изображений, видеофрагментов, моделей и графиков.

На рисунке 2 представлен порядок (алгоритм) работы системы мониторинга линейных участков газопровода.

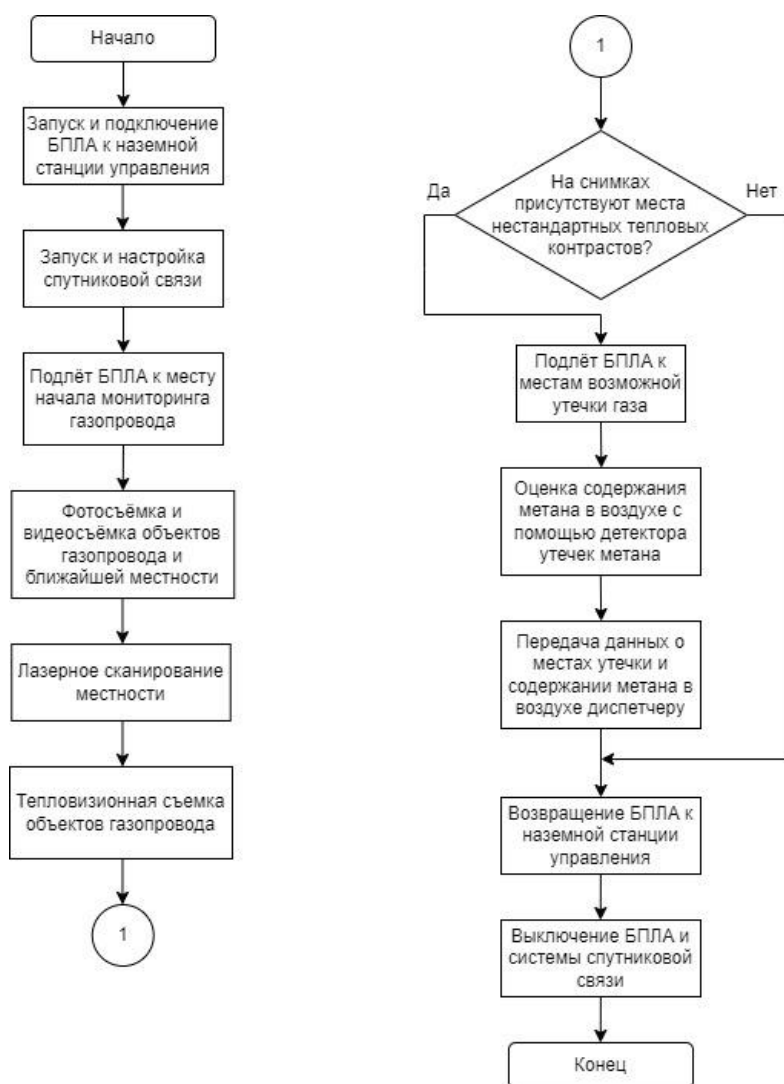


Рис. 2. Алгоритм работы системы мониторинга линейных участков газопровода

Проведение мониторинга начинается с размещения и запуска БПЛА и спутниковой связи для передачи данных в режиме реального времени. Затем беспилотник поднимается на задаваемую высоту и направляется к начальному участку линейной части газопровода. Во время полета производится последовательное обследование:

1. Фотосъёмка и видеосъёмка.
2. Лазерное сканирование.
3. Тепловизионная съёмка.

При обнаружении необычных участков тепловых контрастов, детектор утечек метана фиксирует содержание метана в воздухе и передает эту информацию диспетчеру, который наблюдает её в виде графиков и числовых значений. По завершении мониторинга БПЛА возвращается к наземной станции управления и выключается. По трассе газопровода устанавливаются несколько таких станций в виде вышек 10-15 м высоты с площадками базирования БПЛА. Если в результате расчетов стоимость таких вышек с ветряными генераторами для зарядки батарей БПЛА будут невысокими, то предлагается использовать в качестве БПЛА FPV-дроны.

## Заключение

В ходе выполнения работы были проанализированы основные методы мониторинга газотранспортных объектов, выбраны средства для мониторинга газопровода в дистанционном режиме и технология передачи и обработки данных в режиме реального времени, сформирован функционал мониторинга газопровода и предложен алгоритм его выполнения. На основе выполненных исследований составлен концептуальный вариант автоматизированной системы мониторинга участков

газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Практическая ценность работы заключается в возможном сокращении временных затрат на проведение мониторинга участков газопровода и обеспечение более высокого уровня безопасности участников эксплуатации газопровода.

Предлагаемое решение онлайн мониторинга газопровода с использованием промышленного Интернета вещей может быть внедрено в энергетических компаниях на территории Российской Федерации. По результатам обсуждения работы на конференции будут продолжены исследования и дальнейшее совместное развитие предлагаемого варианта решения проблемы мониторинга газопровода со специалистами ООО «Газпром трансгаз Томск».

#### **Список использованных источников**

1. Методы мониторинга объектов транспортировки // Neftegas.RU: сайт. – 2023. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/776853-metody-monitoringa-obektov-transportirovki/> (дата обращения: 15.10.2023)
2. Айроян З.А. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов / З.А. Айроян, О.А. Коркишко, Г.В. Сухарев – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-magistralnyh-nefteprovodov-s-pomoschyu-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 15.10.2023)
3. Громаков Е.И. Современные технологии. Киберфизические системы : учебное пособие / Е.И. Громаков, А.А. Сидорова – Томск, – 2021. – 79 с. – Текст: электронный // Портал ТПУ [сайт]. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIDOROVA/Yheba/Tab8/Современные%20технологии.pdf>
4. БПЛА на объектах трубопроводного транспорта // Neftegas.RU: сайт. – 2023. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/767826-bpla-na-obektakh-truboprovodnogo-transporta/> (дата обращения: 30.09.2023)